



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Chirurgischen Klinik Innenstadt und der
Chirurgischen Poliklinik der Ludwig-Maximilians-
Universität München,
Direktor: Prof. Dr. med. L. Schweiberer

Morphometrische Untersuchungen der intracorticalen
Porosierung unter stabilen und instabilen Platten-
osteosynthesen.

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt vom
Karl Ulrich K r a t z e r
aus
8416 Hema u, Bodenhofer Weg 4
Jahr
1986

Mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. F. Eitel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. L. Schweiberer

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 10.06.86

Inhaltsverzeichnis

1. Fragestellung
2. Tierversuch
 - 2.1. Material
 - 2.2. Versuchsanordnung
 - 2.3. Präparation zur Histologie
 - 2.4. Präparateklassifizierung
3. Datengewinnung und Verarbeitung
 - 3.1. Vermessen
 - 3.2. Datentransformation
 - 3.2.1. Unterteilung der Corticalis in die Klassen periostal, zentral, endostal in Relation zum Meßfeld
 - 3.2.2. Weitere Datenverarbeitung
4. Ausschaltung von Meßfehlern
 - 4.1. Präparieren zur Histologie
 - 4.2. Vermessen
 - 4.3. Datentransformation
 - 4.4. Vermeidung eines Beobachter-Bias
5. Statistische Auswertung
6. Ergebnisse
 - 6.1. Wo lokalisieren sich die Resorptionshöhlen im Querschnitt?
 - 6.2. Unterscheiden sich die Resorptionsmaxima in Abhängigkeit von der verschiedenen Lage in Bezug auf die Längsachse der Diaphyse?
 - 6.3. Unterscheiden sich die Resorptionsmaxima in ihrer Ausdehnung im Querschnitt?
 - 6.4. Unterscheidet sich das Verhältnis von Gesamtcorticalisfläche zur Resorptionsfläche im Rechts-/Linksvergleich?
7. Diskussion
 - 7.1. Zusammenfassung der Ergebnisse
 - 7.2. Diskussion der angewandten Methoden
 - 7.2.1. Homogenität des Untersuchungsmaterials
 - 7.2.2. Beobachtungsgleichheit
 - 7.2.3. Bias
 - 7.2.4. Repräsentationsgleichheit
 - 7.2.5. Methodenkritik
 - 7.3. Diskussion der Ergebnisse
8. Interpretation der Ergebnisse
9. Zusammenfassung
10. Rohdaten
11. Literaturhinweise
12. Danksagung

1. Fragestellung:

Die osteosynthetische Versorgung hat einen festen Platz im Methodenarsenal der Knochenbruchbehandlung eingenommen, bedingt durch die Verbesserung der Techniken. Dabei muß zwischen "innerer Schienung" (z.B. Küntschnagel) und "innerer Fixation" mit Plattenosteosynthese, sowie der "äußeren Fixierung" (Fixateur externe) unterschieden werden.

Die Kraftübertragung erfolgt zwischen den Fragmenten und/oder zwischen Fragment und Osteosynthesematerial durch Reibungshaftung, wodurch der Bruchbereich mechanisch stabilisiert wird. Aufgabe des Fixationsmittels ist der Schutz der Fraktur vor Störkräften, den Biege- und Torsionsmomenten, die durch Beeinflussung der Spannungsverteilung neutralisiert werden können. Bei Anwendung dieser Techniken treten neue, zuvor unbekannte Komplikationen auf. Eine dieser Komplikationen ist die Refraktur nach Materialentfernung.

Das Auftreten von Refrakturen wird mit einer implantatabhängigen Schwächung der Knochenstruktur erklärt: Der Knochen werde unter einer Plattenosteosynthese porotisch, weil die Platte ihm im Auflagebereich die Beanspruchung abnimmt, so daß eine funktionelle "Entlastung" des Knochens entsteht im Sinne einer lokalen Immobilisationsatrophie (Stress-Protection).

Andererseits gibt es Hinweise in der Literatur (Perren u.a. 1978; Gunst 1980) , daß das Porosierungsphänomen durch trauma- und operationsbedingte Devaskularisierung bedingt ist.

Zur Überprüfung der biomechanischen Hypothese wird im Folgenden untersucht, wo das Resorptionsmaximum liegt, das nach der Stress-Protection-Hypothese (Matter 1975) immer unter dem Plattenlager in der Corticalis auftreten soll. Unter Anwendung der Plattenosteosynthese soll in der vorliegenden Arbeit außerdem untersucht werden, ob geringfügige Relativbewegungen zwischen den Fragmenten (Instabilität) und zwischen Fragment und Implantat das Umbaumuster, gemessen an der Porosität, ändern. Im Einzelnen werden folgende Fragen geprüft:
(s. Abb. 1 und 2)

- 1) Wo lokalisieren sich die Resorptionshöhlen im Querschnitt (dorsal, ventral, radial, ulnar) ?
- 2) Unterscheiden sich die Resorptionsmaxima in Abhängigkeit von der verschiedenen Lage in Bezug auf die Längsachse der Diaphyse (proximaler/distaler Schnitt) ?
- 3) Unterscheiden sich die Resorptionsmaxima in ihrer Ausdehnung im Querschnitt (periostal, zentral, endostal) ?
- 4) Unterscheidet sich das Verhältnis von der Gesamtcorticalisfläche zur Resorptionsfläche im Rechts-/Linksvergleich ? (s. Abb. 1.)

Abb. 1. Klassifizierung bei den histologischen Schnitten aller Hunde (Nomenklatur siehe Seite 10).

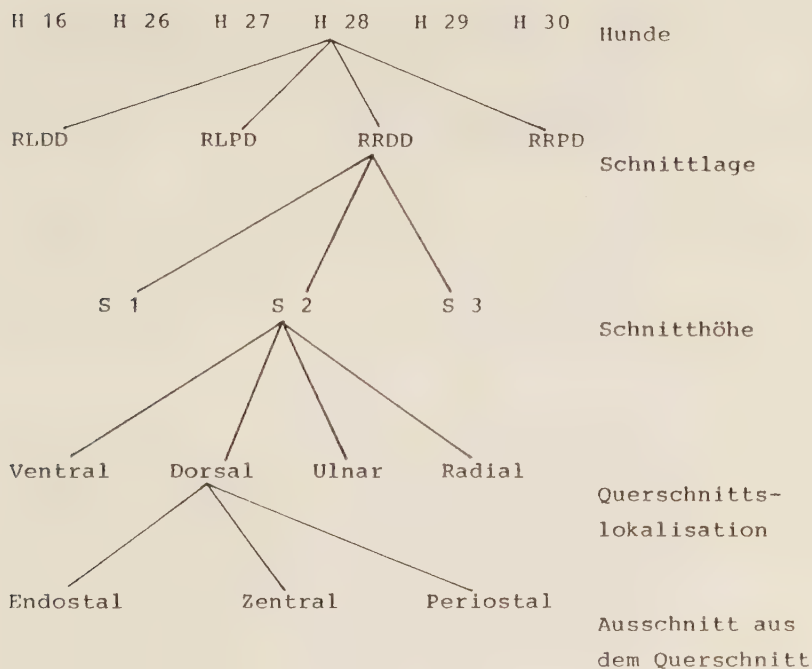
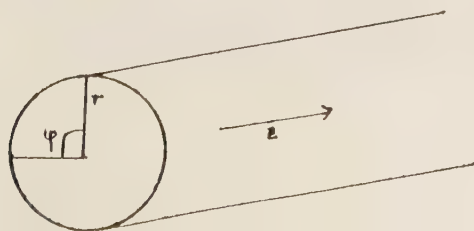


Abb. 2. Dreidimensionale Darstellung des histologischen Schnittes:



Ziel:

Das Ziel ist, die Stress-Protection-Hypothese an einer anderen Spezies als dem Schaf mit der Frage zu überprüfen, wo das Maximum der Resorptionstätigkeit in der Diaphyse liegt.

2. Tierversuch:

2.1. Material:

Für die Untersuchung wurden sechs gesunde Bastardhunde herangezogen. Die Epiphysenfugen waren geschlossen, die Tiere ausgewachsen, ihr Gewicht lag zwischen 15 und 18 kg. Es handelte sich um männliche und weibliche Tiere, vorwiegend Schäferhunde und deren Bastardformen. Keiner war unter zwei Jahren oder über fünf Jahre alt. Bei den sechs Hunden (H 16, H 26, H 27, H 28, H 29, H 30) wurden im Rechts-/Linksversuch Plattenosteosynthesen am jeweiligen Radius durchgeführt.

2.2. Versuchsanordnung:

Bei allen Hunden wurde dieselbe Operationstechnik angewendet: nach Darstellung des Knochens wurde eine schmale 8-Loch-DC-Platte hohlgebogen auf die Knochenoberfläche an der radio-dorsalen Zirkumferenz des Knochenrohres so angelegt, daß das proximale Plattenende unmittelbar unter dem Ansatz des M.supinator zu liegen kam. Dann wurden in entsprechender Spann- und Distraktionsstellung Gewindelöcher gebohrt, die Platte entfernt und in der Mitte zwischen dem 3. und 4., sowie 5. und 6. Loch (von proximal gezählt) osteotomiert (siehe Abb. 4 und 5). Dann wurde die Platte nach Gewindeschneiden mit 3,5 mm Schrauben befestigt.

Die Versuchsdauer betrug bei H 16 sechs Wochen (Pilotversuch) ,bei den übrigen Versuchen vier Wochen. Komplikationen im postoperativen Heilungsverlauf und der Nachbehandlungsphase traten nicht auf.

Abb. 3 a. Radiologische Darstellung der Platten-
osteosynthese rechts.

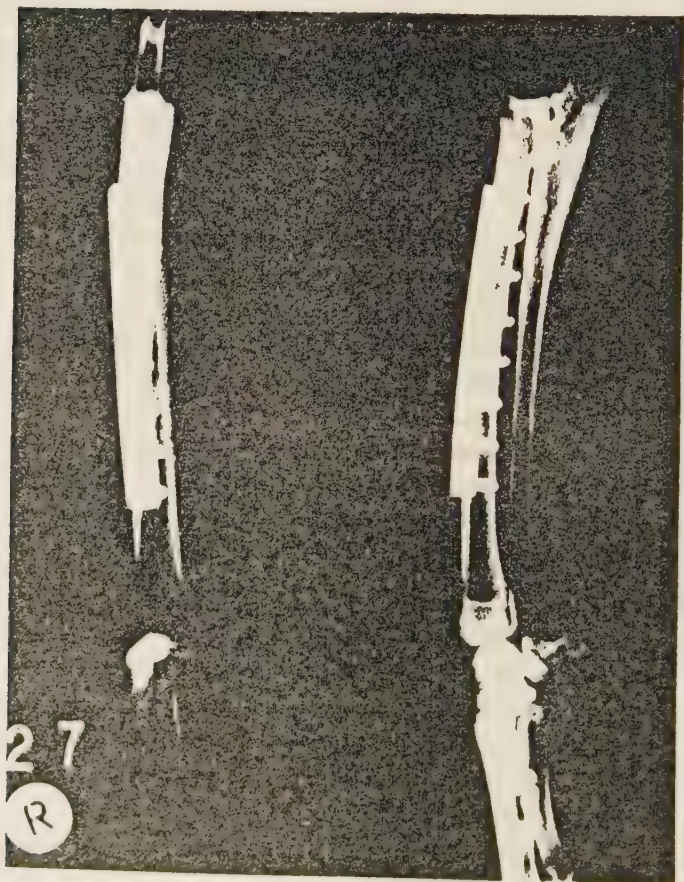


Abb. 3 b. Radiologische Darstellung der Platten-
osteosynthese links.

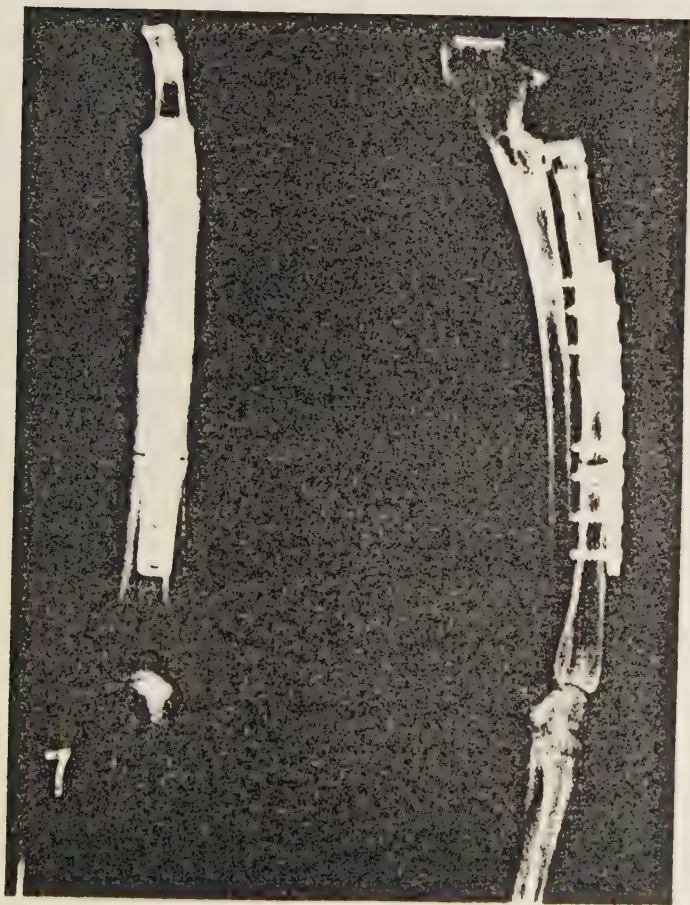


Abb. 4. Operationstechnik auf der Seite a,
Kompression distal und proximal

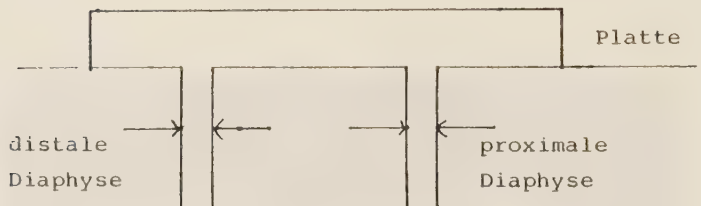
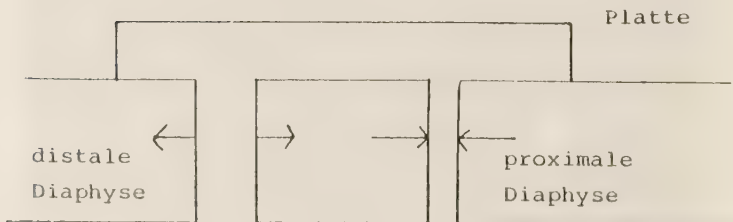


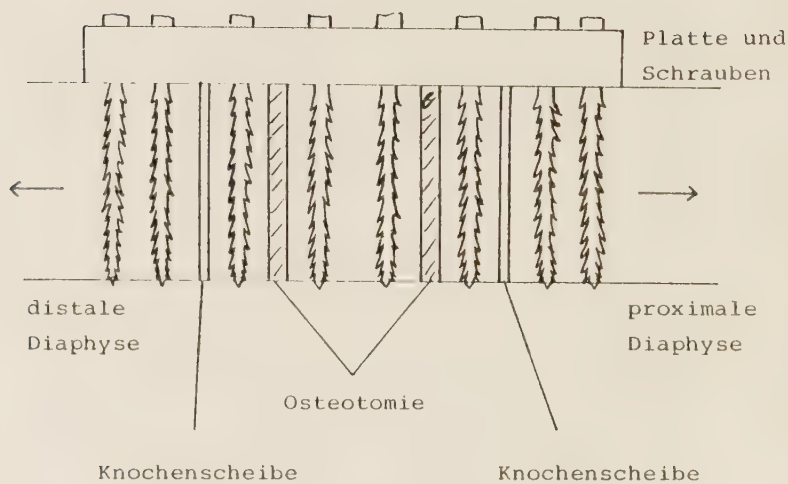
Abb. 5. Operationstechnik Seite b, proximale
Kompression, distale Distraction



2.3. Präparation zur Histologie

Nach Exartikulation der betroffenen Extremität erfolgte die Fixierung in 50 %igem Alkohol für die Dauer von vier Wochen. Danach wurden die Weichteile und Implantate vom Knochen entfernt. Mit nachfolgend beschriebenen Schema wurde in der Mitte zwischen dem 2. und 3., bzw. 6. und 7. Loch eine 1 mm starke Knochen-scheibe (Querschnitt) herausgesägt und mit Karborundum-Schleifpapier von Hand auf 100 μ heruntergeschliffen, nachdem die Schnitte mit basischem Fuchsin gefärbt worden waren. Außerdem wurden je zwei Schnitte in gleicher Lokalisation mit dem Sägemikrotom entnommen (ca. 100 μ). Schnitte mit einer Dicke von mehr als 100 μ wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Ausgesondert wurden Präparate mit mangelnder makroskopischer Übereinstimmung (Inkongruenz des Querschnittes) im Vergleich zu den anderen Schnitten ihrer Seite.

Abb. 6. Präparative Zurichtung



2.4. Präparateklassifizierung

Alle Präparate eines Tieres wurden mit der Versuchsnummer, z.B. H 16, versehen. An vierter Stelle folgte die anatomische Lokalisation, z.B. H 16 R (R= Radius), an fünfter Stelle die Seitenlokalisation, z.B. H 16 RR (R= rechts, L= links), und an der letzten Stelle die Lage innerhalb der Diaphyse, z.B. H 16 RRDD (DD= distale Diaphyse, PD= proximale Diaphyse). Dadurch ergab sich ein Klassifizierungsmuster des Untersuchungsfeldes (siehe Abb. 1).

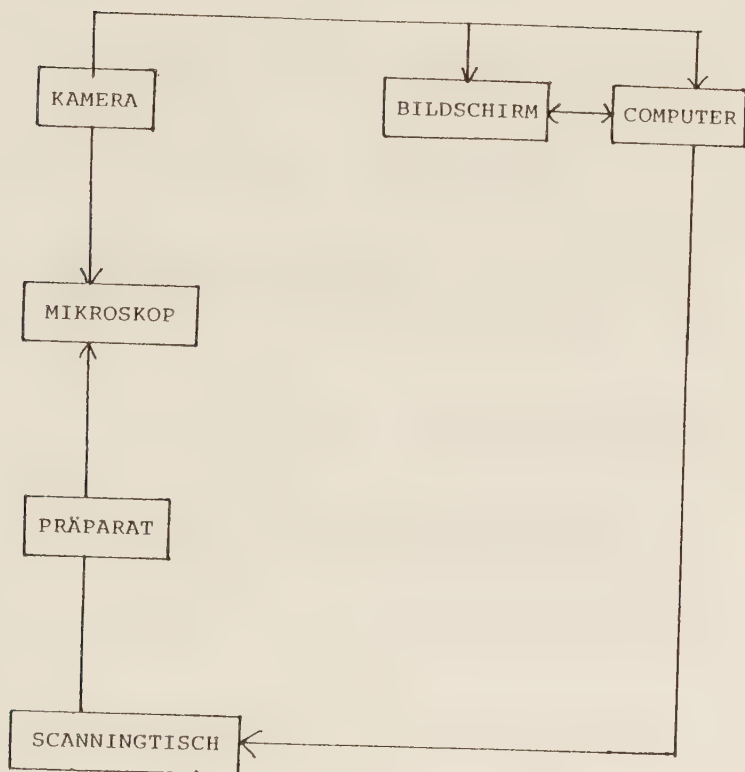
Auf der einen Seite wurden als Kontrollversuch beide Osteotomien komprimiert, auf der anderen die proximale Osteotomie komprimiert und die distale distrahiert. Geschlecht und Rasse wurden zufällig gewählt.

3. Datengewinnung und Verarbeitung

3.1. Vermessen:

Zur interaktiven Auswertung wurden ein Mikroskop und ein Bildanalysegerät der Firma Leitz (Tas-Plus) verwendet. Die gewählte Einstellung am Mikroskop wurde mit Hilfe einer Kamera auf einen Monitor vergrößert übertragen. Mit Hilfe eines Lichtgriffels konnten die Corticalisflächen, bzw. die Resorptionshöhlen eingezeichnet werden (Abb. 7).

Abb. 7. Aufbau eines Meßsystems



Für die Einbeziehung der Präparate in den Meßvorgang mußten folgende Kriterien erfüllt sein:

- a) Optische Übereinstimmung der Schnittserie
(z.B. II 16 RLDD, S 1 - S 2 - S 3).
- b) Bei Vorhandensein von nur einem Präparat wurde dieses repräsentativ verwendet.
- c) Ausreißer und defekte Präparate wurden verworfen,
(z.B. Risse, Überfärbung, Lufteinschlüsse).

Anschließend wurden

1. die Schnitte einer Schnittlage nach Kontrolle auf makroskopisches Übereinstimmen an ein und demselben Punkt mit einem roten Punkt versehen, um die Grundrichtung ventral/dorsal am Mikroskopiertisch einhalten zu können,
2. die Schnitte mit Pflasterstreifen am Mikroskopiertisch fixiert,
3. manuell die Markhöhlenmitte aufgesucht. Mit dieser Einstellung wählte das verwendete Programm automatisch

den Ausgangspunkt, von dem aus der Scanningtisch
(= Mikroskopiertisch) zur Untersuchung des
Präparates gesteuert wurde.

Die eingestellten Bildausschnitte wurden nach den
Kriterien "meßwürdig", "teilweise meßwürdig" und
"nicht meßwürdig" eingeteilt. Als meßwürdig galt
ein Bildausschnitt (Gesichtsfeld), wenn die Knochen-
corticalis das gesamte Meßfeld ausfüllte. Teilweise
meßwürdige Ausschnitte, die dadurch definiert waren,
daß die Corticalis nicht das ganze eingestellte Meß-
feld ausfüllte, wurden mit dem Lichtgriffel auf dem
Gerät eingegrenzt. Die im Meßfeld definierten Flächen
dienten als Bezugsflächen für die dann mit dem Licht-
griffel des Bildanalysegerätes einzuzeichnenden
Resorptionshöhlen. Zur Feststellung der Bezugsflächen
wurden alle Präparate in einer Kreuzform - jede
Richtung zweispurig - abgefahren (Abb. 8).

Abb. 8. Vorgehen beim Abfahren der Bildausschnitte

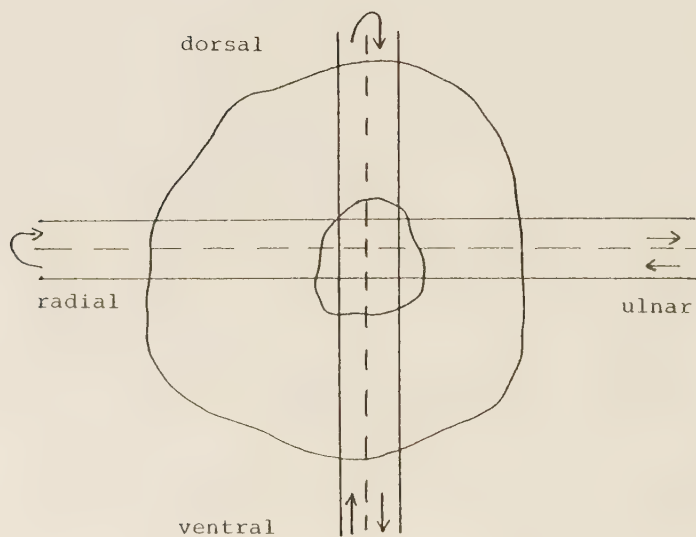


Abb. 9. Klasseneinteilung der Durchmesser der intracorticalen Höhlenbildung.

1. Klasse	0,026 mm - 0,050 mm
2. Klasse	0,051 mm - 0,075 mm
3. Klasse	0,076 mm - 0,100 mm
4. Klasse	0,101 mm - 0,125 mm
5. Klasse	0,126 mm - 0,150 mm
6. Klasse	0,151 mm - 0,175 mm
7. Klasse	0,176 mm - 0,200 mm
8. Klasse	0,201 mm - 0,225 mm
9. Klasse	0,226 mm - 0,250 mm
10. Klasse	0,251 mm - 0,275 mm
11. Klasse	0,276 mm - 0,300 mm und größer

Nach Feststellung der Bezugsflächen wurden die im Computer gespeicherten Ausschnitte, auf denen Corticalis zu sehen war, nochmals mit dem Scanningtisch angefahren und die Resorptionshöhlen umfahren. Alle Flächen der Höhlenbildungen eines Bildausschnittes wurden addiert und die Summe abgespeichert. Bei der späteren Analyse wurde auf diese Werte zurückgegriffen.

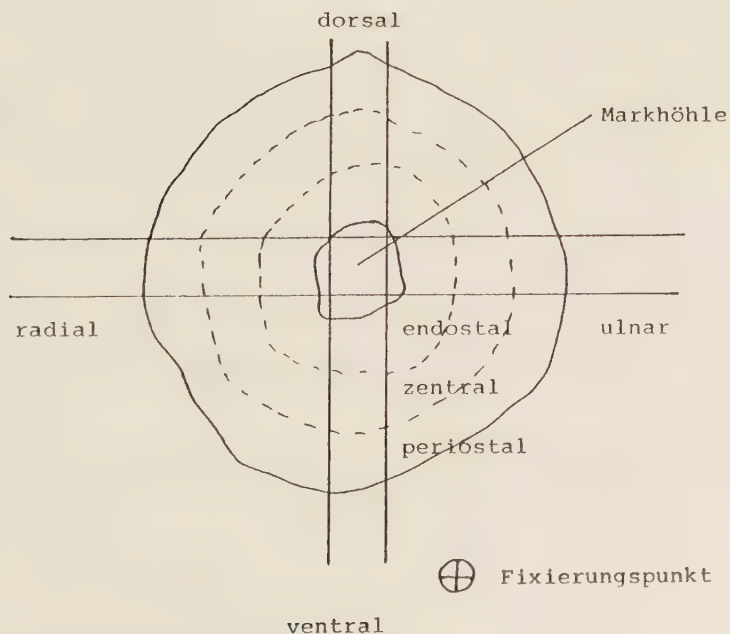
Gemessen wurden:

- 1) Die Gesamtfläche der Corticalis auf dem Gesichtsfeld
- 2) Die Gesamtfläche der Resorptionshöhlen auf dem Gesichtsfeld
- 3) Eine Klasseneinteilung der Resorptionshöhlen anhand ihres Durchmessers (Abb. 9.).
Die Klasse 0 mm - 0,025 mm wurde weggelassen, da die "Haver'schen Kanäle" nicht mitgenommen werden sollten, um von der Fläche (πr^2) auf den Durchmesser ($2r$) schließen zu können.

3.2. Datentransformation

Aus der Reihenfolge der gespeicherten Daten kann mit Einschränkungen auf die Lokalisation innerhalb des Schnittes geschlossen werden (Abb. 10.).

Abb. 10. Lage der Untersuchungsfelder am histologischen Schnitt.



3.2.1. Unterteilung der Corticalis in die Klassen periostal, zentral, endostal in Relation zum Meßfeld.

Die Corticalisdicke (dd) betrug ca. 3 mm, die Breite eines Gesichtsfeldes (Bildausschnitt) des Tas-Plus 1,1 mm. Daraus ergibt sich, daß man im Mittel drei Gesichtsfelder braucht, um einen Corticalisausschnitt einmal zu durchfahren.

Bei einer breiten Corticalis sind mehr, bei einer dünnen weniger Ausschnitte zu durchfahren. Da beim Heranfahren an die Corticalisoberfläche meist zunächst ein kleiner Ausschnitt ins Bild ragt, war häufig ein Bildausschnitt mehr vorhanden.

Da das Gerät über einen sehr geringen Speicherplatz verfügt, kann die Größe der einzelnen Löcher (= Resorptionshöhle) nicht gespeichert werden. Gespeichert wird vielmehr die Gesamtporosität.

$$F = \frac{\text{Summe der Lochflächen auf einem Gesichtsfeld}}{\text{Fläche der Corticalis auf einem Gesichtsfeld}} \times 100$$

Die Form der einzelnen Löcher (rund, oval) geht nicht in dieses Ergebnis ein.

Die Ringausschnitte wurden in drei Gruppen zusammengefaßt, um Unterschiede in der Verteilung über den Corticalisquerschnitt erkennen zu können.

Mehr als zwei und weniger als sechs Gesichtsfelder werden in Dreiergruppen (endostal, zentral, perio-
stal) zusammengefaßt (Abb. 11.).

Abb. 11. Bildliche Darstellung der Meßfelder und

Einteilung in die Bereiche:

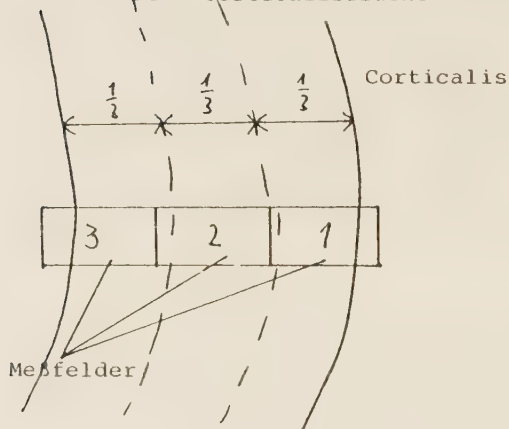
"endostal" (e)

"zentral" (z)

"periostal" (p)

Fl = Resorptionsfläche

Fc = Corticalisfläche



$$e = \frac{Fl\ 1}{Fc\ 1}$$

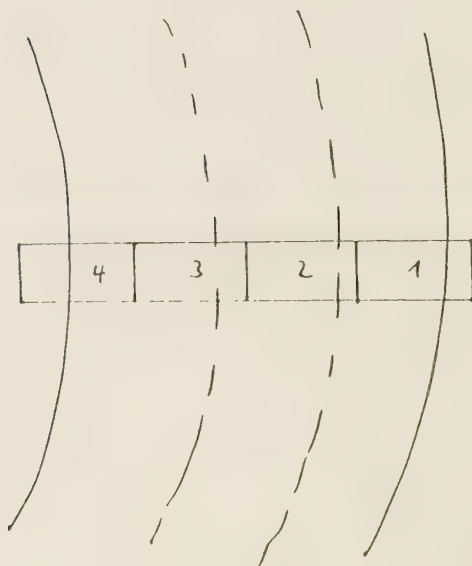
$$Fc\ 1$$

$$p = \frac{Fl\ 3}{Fc\ 3}$$

$$Fc\ 3$$

$$z = \frac{Fl\ 2}{Fc\ 2}$$

$$Fc\ 2$$



$$e = \frac{Fl\ 1 + Fl\ 2}{Fc\ 1 + Fc\ 2}$$

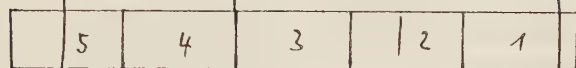
$$Fc\ 1 + Fc\ 2$$

$$z = \frac{Fl\ 2 + Fl\ 3}{Fc\ 2 + Fc\ 3}$$

$$Fc\ 2 + Fc\ 3$$

$$p = \frac{Fl\ 3 + Fl\ 4}{Fc\ 3 + Fc\ 4}$$

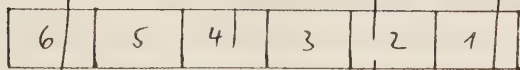
$$Fc\ 3 + Fc\ 4$$



$$e = \frac{F_{l1} + F_{l2}}{F_c 1 + F_c 2}$$

$$z = \frac{F_{l3}}{F_c 3}$$

$$p = \frac{F_{l4} + F_{l5}}{F_c 4 + F_c 5}$$



$$e = \frac{F_{l1} + F_{l2}}{F_c 1 + F_c 2}$$

$$z = \frac{F_{l3} + F_{l4}}{F_c 3 + F_c 4}$$

$$p = \frac{F_{l5} + F_{l6}}{F_c 5 + F_c 6}$$

3.2.2. Weitere Datenverarbeitung

Die vom Tas-System ausgedruckten Ergebnisse wurden in einen Personalcomputer (Victor 9000) übertragen und dort ausgewertet.

Für jeden Hund wurden eingegeben:

- a) Versuchsnummer (H 16, H 27, H 28, H 29,
H 30).
- b) Schnittbezeichnung (RLDD, RLPD, RRDD, RRPD) mit
 - 1) Schnittnummer (S 1, S 2, S 3)
 - 2) Anzahl der Höhlen pro Klasse (z.B. 1.Klasse 76, 2.Klasse 85, ...)
 - 3) Anteil der Poroseflächen über den Querschnittslokalisationen (dorsal, ventral, radial, ulnar) in Prozent
 - 4) Corticalisfläche in mm^2
 - 5) Resorptionshöhlenfläche in mm^2
 - 6) Anzahl der zur Verfügung stehenden Bildausschnitte

Errechnet wurden für jede Querschnittslokalisation die prozentuale Flächenbedeckung bezüglich der Querschnittsausschnitte (endostal - zentral - periostal).

4. Ausschaltung von Meßfehlern

4.1. Präparieren zur Histologie:

Bei der Auswertung der Präparate mußten wegen der Vergleichbarkeit die Schnitte der einzelnen Schnittlagen (S 1, S 2, S 3) auf Verwechslung (Inkongruenz) geprüft werden.

Zudem führten Überfärbung und fehlerhaftes Eindecken der Präparate zum Ausschluß für die Auswertung.

4.2. Vermessen:

Fehlermöglichkeiten bestanden

- a) im falschen Einlegen bzw. Kennzeichnen der Präparate,
- b) in der Fehlertoleranz des Scanningtisches beim programmierten Abfahren der Quadrate,
- c) in der Fehlertoleranz des Lichtgriffels,
- d) im Nichterkennen der Corticalisgrenzen wegen periostaler oder endostaler Callusauflagerung.

Zur Justierung wurden alle Schnittserien an ein und demselben Punkt mit einem roten Richtungskreuz versehen und mit Pflasterstreifen am Mikroskopiertisch fixiert. Gleichzeitig bestand eine Korrekturmöglichkeit am Computer, um bereits vermessene und gespeicherte Bildausschnitte zurückrufen, erneut vermessen und speichern zu können.

Folgende mögliche Fehlervarianten wurden vernachlässigt, da sie sich im statistischen Mittel gegenseitig aufheben: Ungenauigkeit des Meßtisches beim Verschieben, des Lichtgriffels und des Untersuchenden. Zudem ist zu berücksichtigen, daß der Bildschirm aus 256×256 Punkten besteht und die Position des Lichtgriffels bei $\pm$ drei Punkten von einem Referenzpunkt aus gesehen variieren kann.

Zur Abschätzung des Fehlers wurde ein Testpräparat je fünf Mal von fünf Personen vermessen. Die intra-individuelle Abweichung bei Bestimmung des Resorptionshöhlenanteiles betrug weniger als 1 %, interindividuell weniger als 2,7 %. Da die in dieser Untersuchung darzustellende Vermessung von derselben Person vorgenommen wurde, sind diese Unterschiede im Vergleich zu den genannten systematischen Fehlern zu vernachlässigen (Abb. 12.).

Abb. 12 Inter- und intraindividuelle Abweichung der Meßergebnisse des prozentualen Flächenanteiles von Resorptionshöhlen.

Präparat 1:

	Proband			
	A	B	C	D
Messung 1	20,7	20,5	19,7	18,8
Messung 2	20,8	20,0	18,6	18,3
Messung 3	20,6	20,4	19,4	18,6
Messung 4	20,4	20,5	18,7	18,6
Messung 5	20,3	19,5	18,6	18,4
Messung 6		20,5		18,1
Messung 7				18,7
Delta intra, max.0,5		1,0	1,1	0,7
Delta inter, max. (20,8-18,1)	= 2,7			

Präparat 2:

	Proband				
	A	B	C	D	E
Messung 1	6,2	3,4	4,5		4,3
Messung 2	5,6	4,0	4,2		4,5
Messung 3	5,6	3,8	5,1		4,1
Messung 4	5,8	4,0	4,4		4,2
Messung 5	5,9	4,1	4,3		4,4
Messung 6			4,0		4,3
Messung 7					4,1
Messung 8					4,1
Messung 9					4,4
Delta intra, max. 0,6		0,7	1,1		0,6
Delta inter, max.: (6,2 - 3,4)	= 2,7				

4.3. Datentransformation

Extrem breite und schmale Corticalisbereiche, die von der Transformation nicht erfaßt werden konnten, wurden verworfen. Eine weitere Fehlermöglichkeit bestand hier im falschen Eingeben der Daten in den zweiten Computer. Die Eingabe der Daten wurde deshalb anhand von Kontrollausdrucken überprüft.

4.4. Vermeidung eines Beobachter-Bias

Dem Untersucher war beim Messen nichts über den Versuchsansatz bekannt.

5. Statistische Auswertung

Die zu vergleichende Größe ist das Verhältnis zwischen der Resorptionshöhlenfläche und der Corticalis.

Bei diesen Fragestellungen (Seite 2) werden Daten verglichen, die von einem Individuum stammen. Es handelt sich also statistisch um abhängige Daten.

Da über die Verteilung der gemessenen Größen nichts bekannt ist, soll ein verteilungsfreier Test Hinweis auf eventuelle Unterschiede liefern.

Zunächst wurde untersucht, ob grundsätzlich Unterschiede zwischen den gemessenen Eigenschaften bestehen. Es wurde der Friedman -Test als verteilungsfreies Analogon zur Varianzanalyse angewendet. Er ist bei einer Fallzahl von $N = 6$ anwendbar (Sachs 1968). Null-Hypothese war in allen Fragestellungen: Es besteht kein Unterschied zwischen den untersuchten Eigenschaften.

Die Rohdaten sind beim Friedman -Test für jede Fragestellung in Tabellenform anzuordnen. Die Zeilen der Tabelle stehen für die Individuen, in unserem Fall für die sechs Hunde, die Spalten für Eigenschaften, in diesem Fall für den prozentualen Anteil der Resorptionsflächen an der Gesamtquerschnittsfläche. Mittels Rangsummen wird untersucht, ob mindestens eine der Eigenschaften von der anderen abweicht.

1. Frage:

Wo lokalisieren sich die Resorptionshöhlen im Querschnitt?

Da über den Einfluß der Schnittlokalisation nichts bekannt ist, wurde der Test für jede Lokalisation einzeln durchgeführt. Eine gemeinsame Testung aller 16 Datensätze (vier Lokalisationen für vier Richtungen) ist verboten, da hierbei dieselben Individuen mehrfach in den Test eingehen.

2. Frage:

Unterscheiden sich die Resorptionsmaxima in Abhängigkeit von der verschiedenen Lage in Bezug auf die Längsachse der Diaphyse?

3. Frage:

Unterscheiden sich die Resorptionsmaxima in ihrer Ausdehnung im Querschnitt?

Die Resorptionshöhlenanteile wurden in vier Richtungen gemittelt. Da über den Einfluß der Schnittlokalisation nichts bekannt ist, wurde der Test für jede Lokalisation einzeln durchgeführt. Eine gemeinsame Testung aller 16 Datensätze ist wie bei Frage 1 verboten, da hierbei dieselben Individuen mehrfach in den Test eingehen.

4. Frage:

Unterscheidet sich das Verhältnis von der Gesamtcorticalisfläche zur Resorptionsfläche im Rechts/Linksvergleich ?

Die Fragen 2 und 4 wurden in einem gemeinsamen Test untersucht.

6. Ergebnisse:

Von 96 zur Verfügung stehenden histologischen Präparaten wurden 40 ausgewertet.

6.1. Wo lokalisieren sich die Resorptionshöhlen im Querschnitt?

Im Querschnitt läßt sich feststellen, daß der Resorptionshöhlenanteil in allen Bereichen nahezu gleich groß ist.

Es bestehen im Friedman -Test keine statistisch feststellbaren Unterschiede. Bei Durchsicht der Rohdaten fällt allerdings auf, daß der Resorptionshöhlenanteil im ventralen und dorsalen Anteil erkennbar höher ist als im radialen, bzw. ulnaren.

Abb. 13.

Resorptionshöhlenanteil im arithmetischen Mittel mit Standardabweichung bei den einzelnen Querschnittslokalisationen in Prozent.

	RLDD	RRDD
ulnar	8,01 +/- 3,62	7,73 +/- 4,33
radial	6,99 +/- 1,82	8,46 +/- 3,40
ventral	9,05 +/- 4,21	8,37 +/- 4,56
dorsal	10,07 +/- 4,89	9,95 +/- 5,49

	RLPD	RRPD
ulnar	5,66 +/- 1,79	7,60 +/- 4,02
radial	7,14 +/- 4,41	6,91 +/- 3,32
ventral	8,72 +/- 3,79	9,75 +/- 1,87
dorsal	7,27 +/- 2,92	8,59 +/- 2,94

6.2. Unterscheiden sich die Resorptionsmaxima in
Abhängigkeit von der verschiedenen Lage in
Bezug auf die Längsachse der Diaphyse?

Der Anteil der Resorptionsmaxima der Längsachse der Diaphyse differiert nach dem arithmetischen Mittel bzw. der Standardabweichung unter einem Prozent. Es findet sich allerdings ein kleiner Unterschied im Vergleich von proximaler zu distaler Diaphyse auf der linken Seite. Die proximalen Diaphysenwerte links entsprechen denen auf der rechten Seite. Im Friedman - Test findet sich kein signifikanter Unterschied.

Abb. 14. Resorptionshöhlenanteil im arithmetischen Mittel mit Standardabweichung in den einzelnen Schnittlagen in Prozent.

1. Resorptionshöhlenanteil im Rechts/Links-Vergleich.

$$\frac{RLDD + RLDP}{2} = 7,9 \% \pm 2,0 \%$$

$$\frac{RRDD + RRPD}{2} = 8,5 \% \pm 3,0 \%$$

2. Resorptionshöhlenanteil im Vergleich der distalen zur proximalen Diaphyse.

$$\frac{RLDD + RRDD}{2} = 8,6 \% \pm 3,2 \%$$

$$\frac{RLPD + RRPD}{2} = 7,8 \% \pm 1,7 \%$$

6.3. Unterscheiden sich die Resorptionsmaxima in ihrer Ausdehnung im Querschnitt ?

In Einklang zu 6.2. steht das Ergebnis der Untersuchung im Querschnitt. Im distalen Bereich sowohl rechts als auch links bestehen keine Unterschiede. Im proximalen Bereich der rechten Seite (RRPD) läßt sich bei den Rohdaten eine Zunahme der Resorptionsmaxima von endostal nach periostal als Tendenz feststellen. Im Bereich der rechten Seite ist diese Tendenz im Friedman -Test signifikant unterschiedlich.

Abb. 15.

Resorptionshöhlenanteil in Prozent im arithmetischen Mittel mit der Standardabweichung in den Ringausschnitten in Prozent.

	RLDD	RLPD
endostal	8,43 +/- 3,11	5,56 +/- 0,85
zentral	8,76 +/- 2,59	7,06 +/- 1,24
periostal	8,16 +/- 3,20	8,23 +/- 2,85

	RRDD	RRPD
endostal	7,71 +/- 3,74	6,33 +/- 2,42
zentral	9,01 +/- 4,18	8,53 +/- 2,28
periostal	8,62 +/- 4,40	9,62 +/- 2,32

6.4. Unterscheidet sich das Verhältnis von Gesamt-
corticalisfläche zur Resorptionsfläche im Rechts/
Links-Vergleich ?

Die Rohdaten weisen an der rechten Extremität eine größere Porosierung als an der linken auf. Der Friedman -Test zeigt wiederum keinen signifikanten Unterschied.

7. Diskussion

7.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

7.1.1.

Der Resorptionshöhlenanteil ist im Querschnitt nahezu gleich (Abb. 13.).

7.1.2.

In Bezug auf die Längsachse der Diaphyse besteht kein Unterschied im statistischen Test zwischen proximal und distal. Bei Betrachtung des arithmetischen Mittels mit der Standardabweichung findet sich ein geringer Unterschied zwischen der proximalen und der distalen Diaphyse auf der linken Seite (Abb 14.).

7.1.3.

Das Resorptionsmaximum findet sich periostal. Der Resorptionshöhlenanteil nimmt von endostal nach periostal zu (Abb. 15.).

7.1.4.

Der Resorptionshöhlenanteil ist in der rechten Extremität proximal signifikant höher als in der linken, distal nicht.

7.2. Diskussion der angewandten Methoden

7.2.1. Homogenität des Untersuchungsmaterials

Die Versuchstiere waren ausgewachsene Tiere unterschiedlichen Geschlechts und unterschiedlicher Rasse, die nach den bereits beschriebenen Kriterien ausgewählt wurden.

Es ist festzustellen, daß das Untersuchungsmaterial in Bezug auf Rasse, Alter, Geschlecht inhomogen war. Daraus könnten die relativ hohen Standardabweichungen resultieren.

Die Standardisierung derartiger Versuchsanordnungen ist schwierig, da die Umbauaktivität sowohl von der Struktur (Demeter, Mátyás 1928), damit von Alter (Raman 1969 und Spezies, als auch von der Beanspruchung, somit von Körpergewicht und Größe (Ertelt 1955, Breitenfelder, Rütt 1976) und Topographie abhängt (Eitel, Seiler, Schweiberer 1981).

Die Auswahlbeeinflussung durch den Züchter der Versuchstiere wurde durch Einhalten einer Eingewöhnungszeit von zwei Monaten minimiert (Sigmazeit nach Frost 1963). Die Hunde wurden im Stall am Ort des Experiments bei konstanten Bedingungen gehalten. Es wurden nur gesunde und im Vergleich untereinander sich normal verhaltende Hunde in den Versuch genommen, eine Stichprobe aus der Zahl der zur Verfügung stehenden Hunde zu entnehmen und zu verwenden, war aus Kostengründen nicht möglich.

7.2.2. Beobachtungsgleichheit

Um sicher zu sein, daß bei der Auswertung von Präparaten keine Unterschiede bestünden, wurde die inter- und intraindividuelle Fehlerbreite bestimmt. Dazu wurde ein Testpräparat je fünf Mal von fünf Personen vermessen. Die intraindividuelle Abweichung bei Bestimmung des Resorptionshöhlenanteils betrug weniger als 1 %, interindividuell weniger als 2,7 %. Da die Vermessung von derselben Person vorgenommen wurde, sind diese Unterschiede im Vergleich zu den genannten systematischen Fehlern zu vernachlässigen.

7.2.3. Bias

Wegen der unzureichenden Speicherkapazität des Bildanalysegeräts (Tas-Plus) mußten die Daten auf den Personalcomputer (Victor 9000) transformiert werden, wodurch vermeidbare Fehlergröße entstand, die aber weit unter der liegt, die aus der Mittelung verschiedener Schnitte an einer Probe resultiert.

Außerdem ist darauf hinzuweisen, daß die Untersuchungen blind durchgeführt wurden. Der Untersucher wußte nicht, auf welcher Seite doppelt komprimiert, bzw. komprimiert und distrahiert wurde. Ebenso war nicht bekannt, in welcher Lokalisation am Querschnitt sich die Platte befand. Nach Messung wurde dem Untersucher bekanntgemacht, daß bei der rechten Extremität beide Osteotomiestellen komprimiert und links proximal komprimiert und distal distrahiert wurde.

7.2.4. Repräsentationsgleichheit

Die unterlegte Annahme der Korrelation zwischen morphologischer Struktur und physiologischer Funktion scheint nach den Ergebnissen des Schrifttums gerechtfertigt (Frost 1963, Cooper, Milgram, Robinson 1966).

7.2.5. Methodenkritik

Die Verwendung des Radius in Bezug auf die biomechanisch beidseitigen Versuche empfiehlt sich aus Stabilitätsgründen. Außerdem bietet sich hierdurch die Möglichkeit der Kontrolle in sich, die aus Standardisierungsgründen am ehesten einen störgrößenarmen Vergleich gewährleistet.

Bei der Vermessung der Resorptionshöhle wird diese als idealer Kreis angenommen. Hier liegt ein systematischer Fehler vor, der aus gerätetechnischen Gründen nicht vermeidbar ist. Die Abweichung des Lichtgriffels beträgt +/- drei Bildpunkte, wobei die Bildschirmfläche aus 256 x 256 Bildschirmpunkten besteht. Dieser Fehler ist nach den Testergebnissen (Seite 25) zu vernachlässigen.

Die statistischen Tests zeigen keinen Unterschied bei der quantitativen Musterauswertung. Ob dies Einzelfälle sind, die die Grundgesamtheit nicht repräsentieren, oder Inhomogenitätseffekte, kann nicht entschieden werden.

Tatsächliche gehen die in den Rohdaten beobachtbaren vorhandenen Qualitätsunterschiede bei den statistischen Tests unter. Da es jedoch nach den Literaturergebnissen deutliche qualitativ-morphologische Unterschiede in der Knochenstruktur (Eitel 1981) bei verschiedenen Belastungen gibt, ist es möglich, daß auch in der vorliegenden Untersuchung ein Unterschied im Rechts-/Linksvergleich besteht. Diese vorliegende Untersuchung gibt Anlaß, den gestellten Fragen unter weiterer Standardisierung (z.B. Tiere aus einem Wurf) erneut nachzugehen.

7.3. Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegende Untersuchung stimmt mit gewissen Literaturangaben insofern überein, als unter Plattenosteosynthese bei der Primärstruktur der Corticalis im Plattenlager keine Beeinträchtigung der Frakturheilung gefunden werden kann (Ganz, Brennwald 1972, Klapp 1978). Im Gegensatz dazu wird allerdings bei Primärstruktur auch von Vascularisationsstörungen unter Platten berichtet (Wilde, Stürmer, Weiß 1970, Gunst 1980), was aber offenbar nicht zu Heilungsverzögerungen führt. Die Bildung eines vasculären Segments stellt nach den vorliegenden Untersuchungen im Gegensatz zur Literatur (Olerud, Dankwardt-Lilliestrom 1971) keine schwere Beeinträchtigung des Heilungsprozesses dar. Trotzdem wurde in der vor-

liegenden Untersuchung als Beobachtungsort nicht das Segment, sondern jeweils das gut vascularisierte Hauptfragment zur Untersuchung der Porosität gewählt.

Bei der Untersuchung fand sich, daß unterhalb der Platte, bzw. in der Platte gegenüberliegenden Corticalis, ein höherer Resorptionshöhlenanteil fand, als in den plattenosteosynthese-entfernten seitlichen Querschnittsanteilen. Dies weist auf eine vermehrte osteoclastische Tätigkeit direkt unterhalb, bzw. in der Nähe der Platte und der Schrauben hin bei gleichzeitig vermehrter Vascularisation. Dies spricht eher für einen biologischen als einen biomechanischen Effekt. Im Sinne der Stress-Protection müßte die resorptive Auflockerung im Sinne einer Porosierung der Corticalis nur unterhalb der Platte auftreten.

Bei qualitativer Beobachtung des Verteilungsmusters der Resorptionsmaxima fand sich, daß auf der linken Seite, an der am proximalen Teil Kompression, am distalen Teil Distraction herrscht, ein Resorptionsmaximum entsteht. Wegen fehlender Zwischenschnitte läßt sich über das in der Längsachse absteigende Gefälle des Resorptionsmaximums zu einem Minimum keine eindeutige Aussage machen.

Die Zunahme des Resorptionshöhlenanteiles von endostal nach periostal deutet auf einen die Porosierung induzierenden Effekt der Platte mit den dazugehörigen Schrauben hin, aufgrund der engen topographischen Nachbarschaft. Ob es sich hierbei um einen vasculär biologischen oder biomechanischen Effekt handelt, kann mit der vorliegenden Untersuchung nicht definitiv entschieden werden.

8. Interpretation der Ergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse lassen sich nur zu einer Trendaussage zusammenfassen. Der Resorptionshöhlenanteil ist unterhalb der Platte, bzw. der der Platte gegenüberliegenden Seite (ventral bzw. dorsal) nahe doppelt so groß wie in den seitlichen Anteilen (radial, ulnar). Es findet sich eine vermehrte Porosierung an der proximalen Diaphyse auf der linken Seite im Vergleich zur distalen Diaphyse. Auf der rechten Seite besteht kein Unterschied. Daraus kann geschlossen werden, daß bei der komprimierten Seite (proximale Diaphyse) eine vermehrte Porosierung stattfindet. Im Vergleich der distrahierten distalen linken zur komprimierten distalen rechten Diaphyse findet sich nur ein qualitativer Trend, jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied. Zudem ist qualitativ festzustellen, daß an der rechten Extremität insgesamt eine größere Porosierung als an der linken stattfindet. Die Porosierung nimmt generell von endostal nach periostal zu. Die Untersuchung zeigt, daß das vorliegende Versuchsdesign für eine morphometrische Auswertung nicht geeignet ist. Die Beobachtung eines qualitativen Unterschiedes in der Porosierung unter Distraction und Kompression muß deshalb weiterhin untersucht werden. Durch Homogenisierung des Untersuchungsmaterials könnten die notwendigen Voraussetzungen für eine morphometrische Auswertung geschaffen werden.

9. Zusammenfassung

Es sollte untersucht werden, ob sich die Porosierung des Knochens bei Plattenosteosynthesen in Abhängigkeit von der Plattenlage und Belastung ändert. Dazu wurden bei sechs Hunden Segmentosteotomien auf einer Seite durch Kompressionsosteosynthese versorgt, auf der anderen durch Distraction der distalen und Kompression der proximalen Osteotomiespalten. Die fuchsingefärbten Querschnitte aus dem proximalen und distalen Hauptfragment wurden mit einem Bildanalysegerät vermessen und statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen keinen statistisch signifikanten Unterschied in Bezug auf den prozentualen Anteil der Resorptionshöhle im Vergleich zur Corticalisgesamtfäche auf den Seiten, jedoch lassen sich trendmäßig Unterschiede zwischen komprimierter und distrahierter Seite feststellen. Was die Plattenlage angeht, so findet sich trendmäßig unter und gegenüber der Platte eine vermehrte Porosierung im Vergleich zu den Lokalisationen seitlich (radial, ulnar). Ob dennoch ein Unterschied vorhanden ist, läßt sich statistisch nicht beurteilen. Allerdings spricht die Höhe der Standardabweichungen für eine Materialinhomogenität. Die vorliegende Untersuchung zeigt, daß die morphometrische Auswertung höchste Anforderungen an die Standardisierung und damit an die Planung des Versuchs stellt. Der vorliegende Ansatz ist für die Morphometrie nicht geeignet. Die Fragestellung, die sich aufgrund qualitativ-morphologischer Beobachtungen, sowie aus der Hypothese der Stress-Protection ergibt, bleibt offen.

10. Rohdaten

H 16 RLDD endostal (%) zentral (%) periostal (%)

radial	8.750	5.900	7.150
ulnar	2.900	4.600	8.500
ventral	0.300	8.000	8.500
dorsal	12.650	17.150	10.400

H 16 RRDD

radial	4.767	6.300	11.667
ulnar	13.000	13.467	13.300
ventral	1.100	11.267	8.133
dorsal	10.733	8.000	6.333

H 16 RLPD

radial	2.200	4.350	3.200
ulnar	2.050	4.350	8.250
ventral	11.150	10.150	13.750
dorsal	1.750	5.700	2.950

H 16 RRPD

radial	2.267	6.500	13.767
ulnar	4.100	7.167	6.067
ventral	4.833	8.667	15.633
dorsal	4.233	5.933	10.167

H 26 RLDD	endostal (%)	zentral (%)	periostal (%)
radial	3.167	5.567	3.767
ulnar	14.300	6.633	3.833
ventral	8.633	10.533	11.567
dorsal	15.667	12.200	5.300

H 26 RRDD			
radial	8.800	7.550	4.900
ulnar	6.050	8.500	5.350
ventral	4.350	7.350	5.150
dorsal	8.700	12.850	6.550

H 26 RLPD			
radial	4.600	5.800	6.800
ulnar	5.200	12.200	10.000
ventral	10.600	9.800	9.650
dorsal	3.950	4.000	3.350

H 26 RRPD			
radial	4.433	12.333	11.167
ulnar	8.067	9.233	6.467
ventral	6.900	15.867	10.067
dorsal	4.300	4.400	3.733

H 27 RLDD endostal (%) zentral (%) periostal (%)

radial	11.250	8.300	5.050
ulnar	13.250	4.450	2.800
ventral	10.850	10.300	10.900
dorsal	13.400	13.300	11.450

H 27 RRDD

radial	14.150	12.100	12.250
ulnar	10.050	11.450	11.300
ventral	10.800	13.900	15.550
dorsal	15.000	12.400	10.400

H 27 RLPD

radial	2.300	3.467	6.367
ulnar	12.067	11.933	16.667
ventral	1.200	2.733	3.767
dorsal	6.500	9.467	6.200

H 27 RRPD

radial	8.250	9.850	12.800
ulnar	6.350	11.600	15.050
ventral	8.400	10.150	9.600
dorsal	17.800	10.600	3.800

H 28 RLDD	endostal (%)	zentral (%)	periostal (%)
radial	8.700	10.000	10.350
ulnar	7.700	9.950	9.550
ventral	7.850	16.700	19.950
dorsal	12.500	14.150	17.200

H 28 RRDD			
radial	7.600	12.967	12.600
ulnar	8.867	9.200	9.500
ventral	17.000	15.733	13.333
dorsal	13.167	19.600	23.967

H 28 RLPD			
radial	3.250	4.700	14.100
ulnar	6.100	6.000	6.550
ventral	9.950	13.900	15.800
dorsal	5.300	11.050	18.900

H 28 RRPD			
radial	8.100	12.400	15.500
ulnar	15.200	10.600	6.700
ventral	3.800	9.500	14.400
dorsal	4.400	10.200	16.100

H 29 RLDD

	endostal (%)	zentral (%)	periostal (%)
radial	14.900	14.500	14.100
ulnar	8.500	8.200	7.200
ventral	6.000	5.500	4.300
dorsal	7.000	6.100	2.300

H 29 RRDD

radial	2.067	2.433	3.833
ulnar	7.233	6.300	5.600
ventral	3.733	3.833	4.167
dorsal	5.600	4.833	4.667

H 29 RLDP

radial	2.767	5.500	6.967
ulnar	2.300	4.100	2.700
ventral	10.167	10.267	6.300
dorsal	4.133	8.200	11.800

H 29 RRPD

radial	4.400	5.000	3.800
ulnar	1.600	3.400	2.100
ventral	8.000	13.400	17.300
dorsal	10.600	5.200	8.500

H 30 RLDD

	endostal (%)	zentral (%)	periostal (%)
radial	3.733	4.800	5.833
ulnar	4.700	5.267	4.600
ventral	4.033	5.267	5.367
dorsal	1.700	2.833	5.767

H 30 RRDD

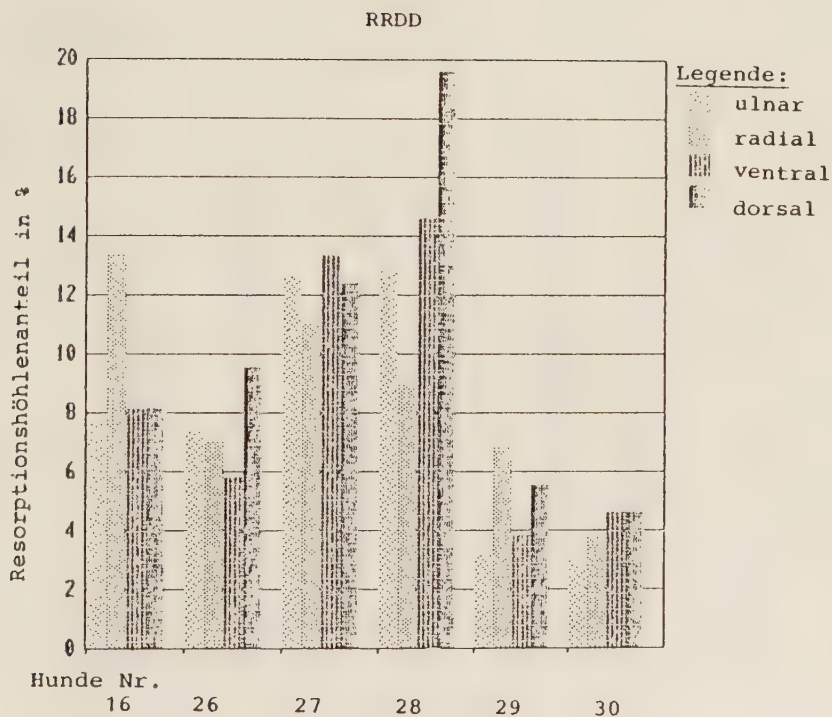
radial	3.300	2.567	2.400
ulnar	2.400	2.967	5.567
ventral	3.933	4.633	6.033
dorsal	2.733	6.100	4.367

H 30 RLPD

radial	12.700	5.700	5.500
ulnar	3.550	3.250	2.650
ventral	2.150	6.750	6.000
dorsal	7.450	6.750	6.000

H 30 RRPD

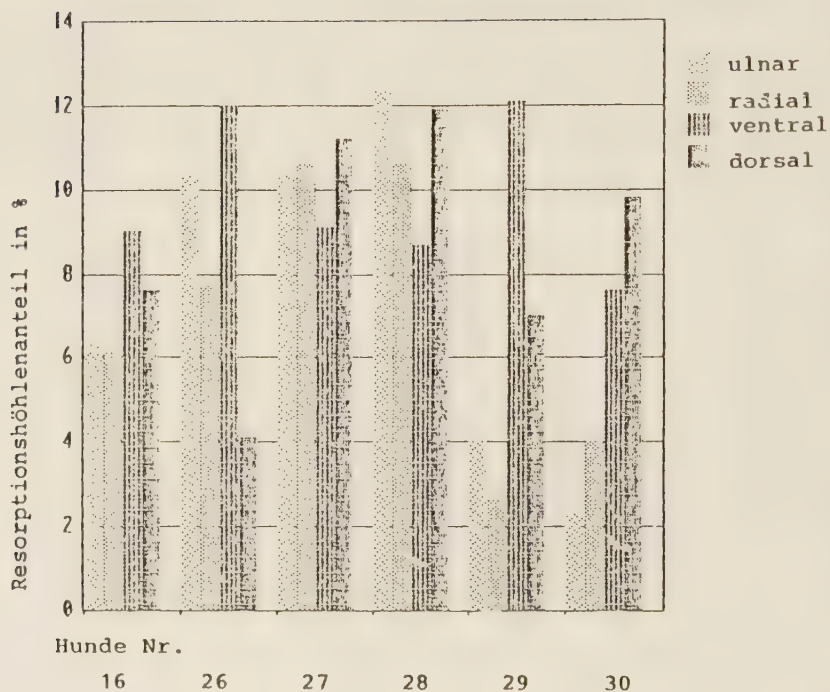
radial	0.867	1.967	3.233
ulnar	2.433	4.200	6.067
ventral	7.600	8.233	6.433
dorsal	4.867	8.200	14.167



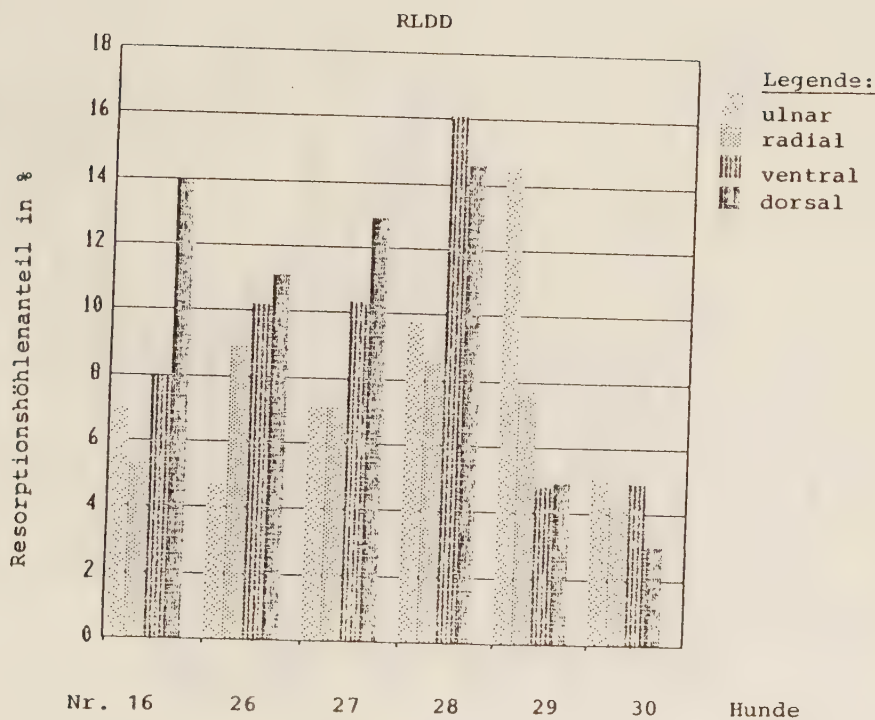
Resorptionshöhlenanteil in den einzelnen Richtungen bezüglich der Querschnittlokalisation.

RRPD

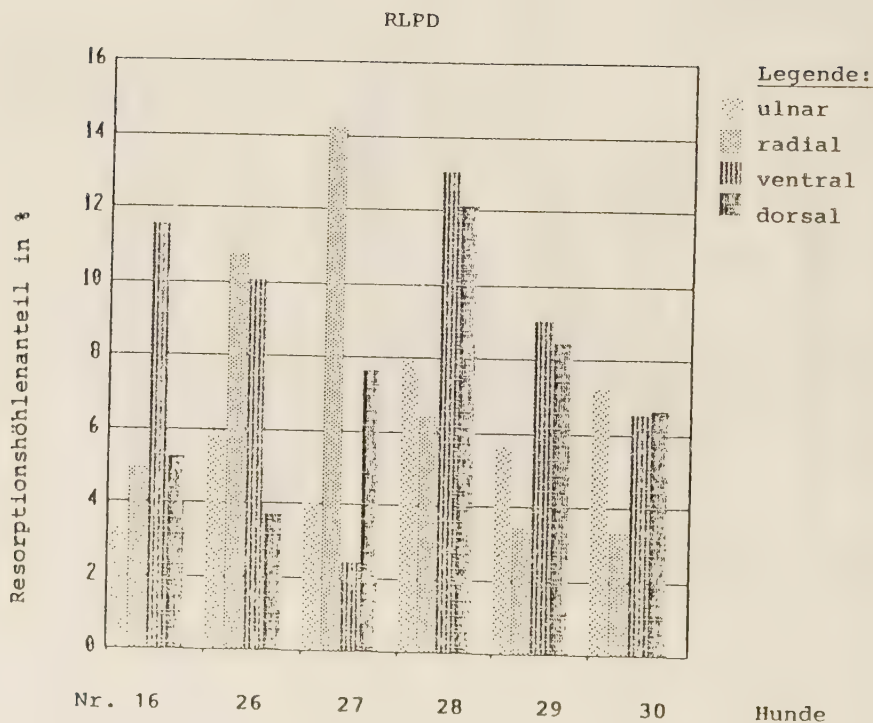
Legende:



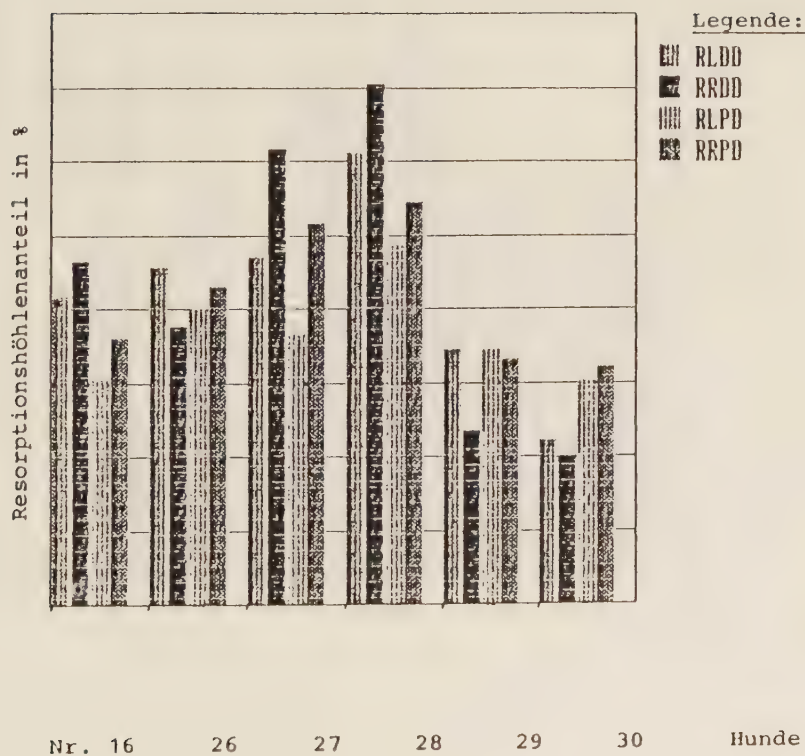
Resorptionshöhlenanteil in den einzelnen Richtungen
bezüglich der Querschnittlokalisation.



Resorptionshöhlenanteil in den einzelnen Richtungen
 bezüglich der Querschnittlokalisation.

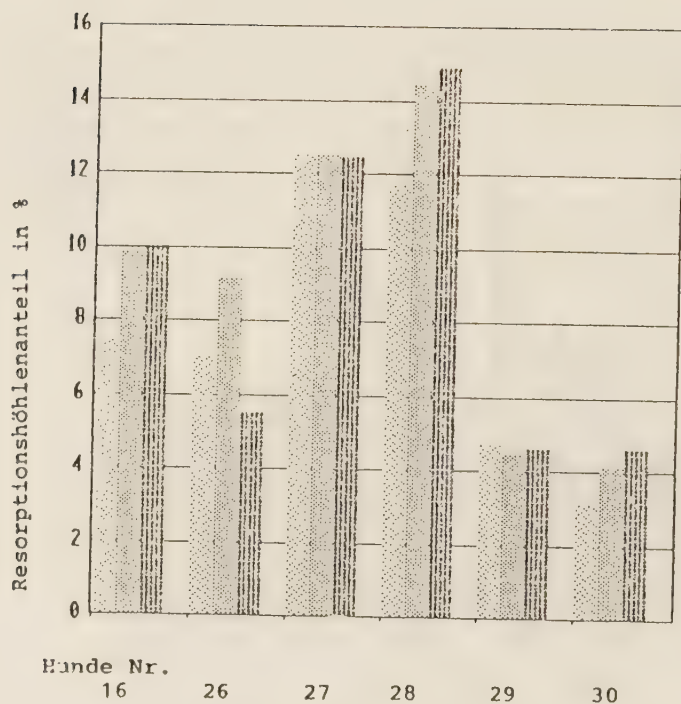


Resorptionshöhlenanteil in den einzelnen Richtungen bezüglich der Querschnittlokalisation.



Resorptionshöhlenanteil in den einzelnen Schnittlagen der Hunde.

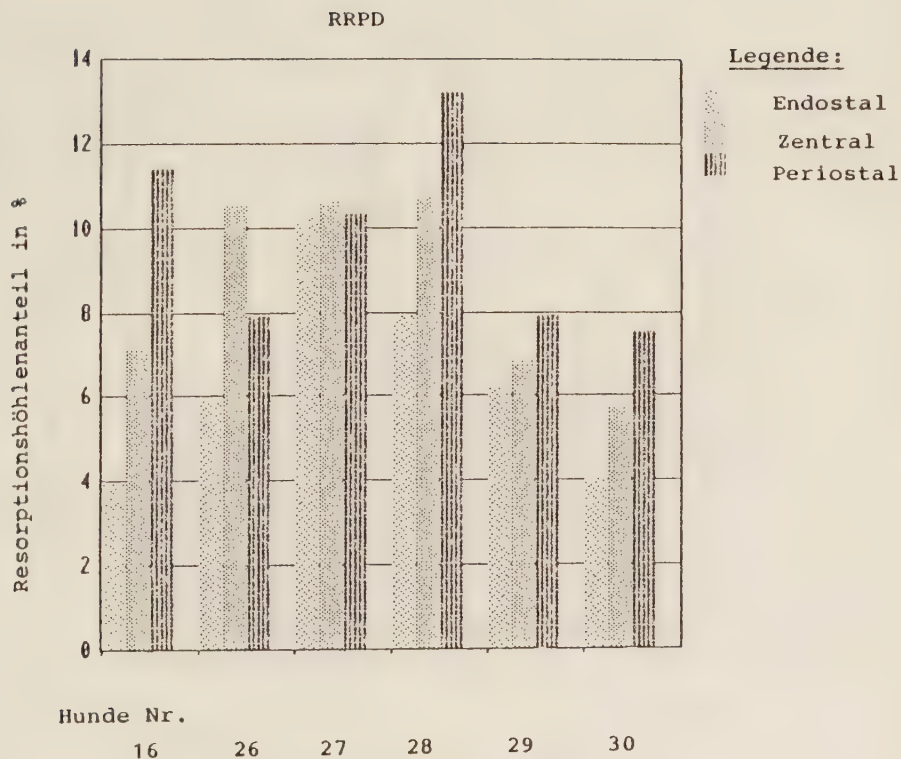
RRDD



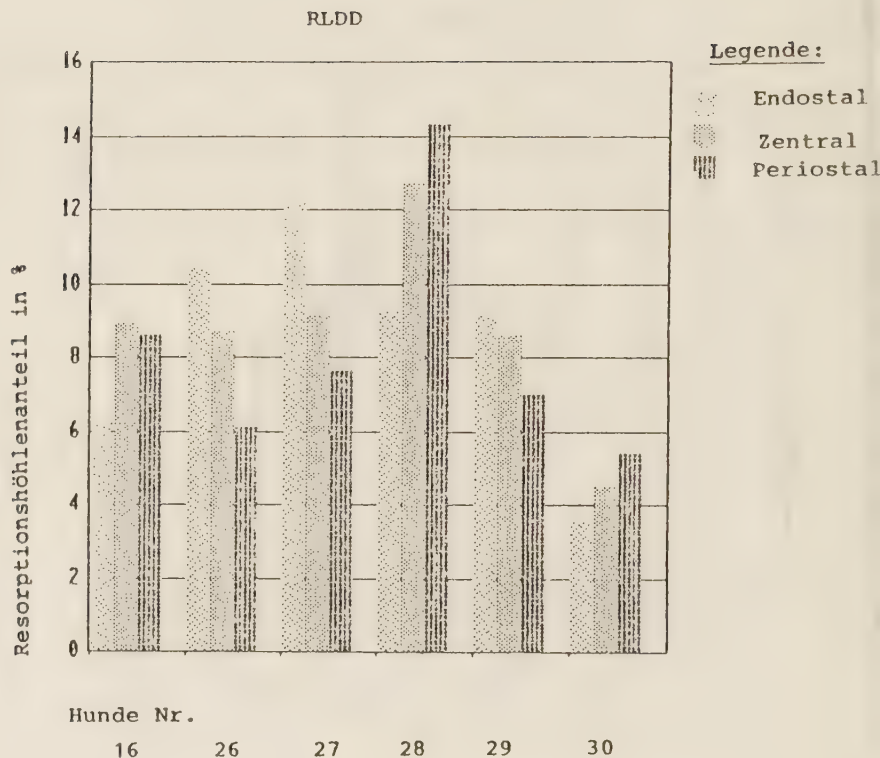
Legende:

- Endostal
- Zentral
- Periosta

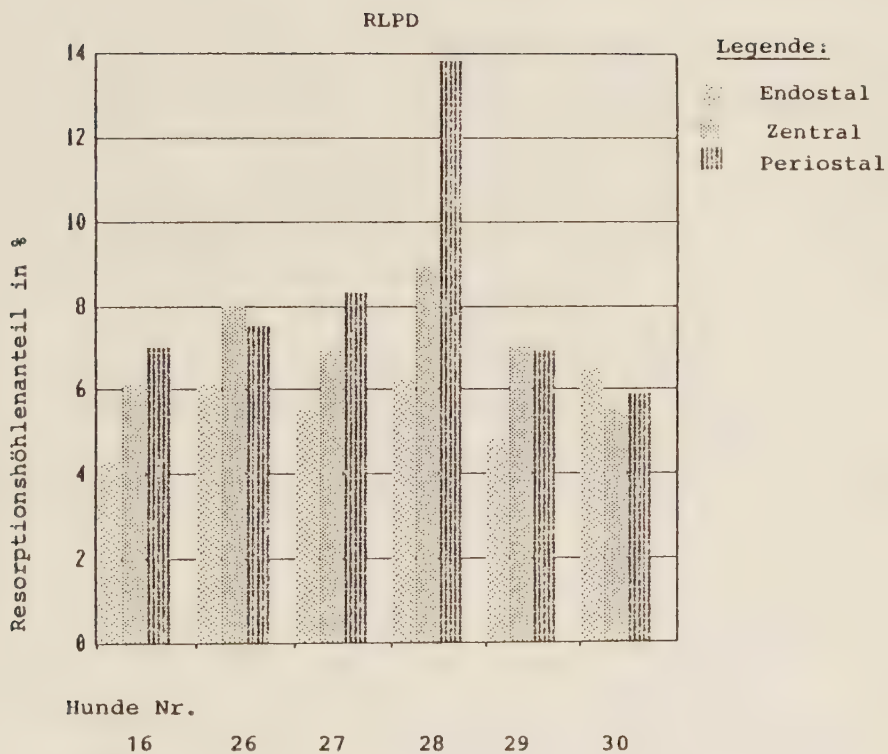
Resorptionshöhlenanteil in den Ringausschnitten bezüglich der Querschnittlokalisation.



Resorptionshöhlenanteil in den Ringausschnitten bezüglich der Querschnittlokalisation.



Resorptionshöhlenanteil in den Ringausschnitten bezüglich der Querschnittlokalisation.



Resorptionshöhlenanteil in den Ringausschnitten bezüglich der Querschnittlokalisation.

11. Literaturhinweise

1. Breitenfelder, J., Rütt, A.
Zur Problematik experimenteller Untersuchungen in
der Orthopädie mit Rattenversuchstieren.
Z. Orthop. 114 (1976): 263 - 265
2. Cooper R.R., Milgram J.W., Robinson R.A.
Morphology of the Osteon.
J. Bone Jt. Surg. 48 A. (1976), 1239 - 1271
3. Demeter G., Mátyás J.
Mikroskopisch vergleichend-anatomische Studien am
Röhrenknochen mit besonderer Rücksicht auf die Unter-
scheidung menschlicher und tierischer Knochen.
Z. Anat. Entwickl. Gesch. 87.(1928): 45 - 99
4. Eitel F.
Indikation zur operativen Frakturbehandlung.
Hefte Unfallheilkunde 154. Springer Verlag Berlin-
Heidelberg-New York (1981)
5. Eitel F., Seiler H., Schweiberer L.
Vergleichende morphologische Untersuchungen zur Über-
tragbarkeit tierexperimenteller Ergebnisse auf den
Regenerationsprozeß des menschlichen Röhrenknochens.
Unfallheilk. 84: 250 - 264 (1981)

6. Ertelt W.

Untersuchungen über Körpergröße und Knochenstruktur
bei Säugetieren.

Zool. Jb. Abt. Anat. 74 (1955), 588 - 638

7. Frost H.M.

Bone Remodelling Dynamics

C.C. Thomas Springfield III. 1963

8. Ganz R., Brennwald J.

L'ostéosynthèse à compression du tibia du lapin.

Etude de la revascularisation du canal médullaire et
de la corticale sous fixation stable. In : Ostéogénèse
et Compression. Ed.:S. Boitzy.

9. Gunst M.A.

Interference with Bone Blood Supply through Plating
of Intact Bone. In: Current Concepts of Internal
Fixation of Fractures.

Ed.:Uthoff, H.K., Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-
New York 1980

10. Klapp F.

Reparative Vorgänge nach diaphysären und metaphysären
Traumen der wachsenden Röhrenknochen.

Habilitationsschrift der Med. Fakultät der Universität
des Saarlandes, Homburg/Saar, 1978

11. Matter P., Brennwald J., Perren S.M.
Biologische Reaktion des Knochens auf Osteosyntheseplatten.
Helv. chir. Acta Suppl. 12 (1975)
12. Olerud S., Danckwardt-Lilliestrom G.
Fracture Healing in Compression Osteosynthesis.
Acta orthop. scand. Suppl. 137 (1971)
13. Perren S., Cordey J., Enzler M., Matter P., Rahn B.A., Schläpfer F.
Die Mechanik der Plattenstellschraube.
Unfallheilk. 81 (1978): 211 - 218
14. Raman A.
Appositional Growth Rate in Rat Bones Using the Tetracycline Labelling Method.
Acta orthop. scand. 40 (1969): 193 - 197
15. Sachs L.
Statistische Auswertungsmethoden.
Springer Verlag 1968
16. Wilde C.D., Stürmer K.M., Weiss H.
Veränderungen der Knochenstruktur durch Plattenosteosynthese am Röhrenknochen bei Versuchstieren im Wachstumsalter.
Langenbecks Arch. Chir. Suppl. Chir. Form (1977), 85 - 89

Lebenslauf

Karl Ulrich KRATZER

geb.22.10.1955

Wohnhaft 8416 Hemau, Bodenhofer Weg 4

verheiratet mit Frau Dott/Univ.Ferrara Oretta Kratzer,
geb.Gelli; ein Kind

Schulbildung: 1962 - 1966 Volksschule Hemau

1966 - 1975 St.Michaels-Gymnasium Metten

1975 Abitur am St.Michaels-Gymnasium

1975 - 1982 Studium der Medizin an der
Universität Ferrara/Italien

Nov.1982 Staatsexamen und Approbation
an der Universität Ferrara

1.1.83 - 31.3.84 Truppenarzt bei RakArtBtl 42 in Hemau

seit April 1984 Assistenzarzt der Chirurgischen Abtei-
lung, Krankenhaus Barmherzige Brüder
Regensburg (Chefarzt Prof.Dr.A.Gresser)

Danksagung

Herrn Priv.-Doz. Dr.med.F.Eitel, der das Thema stellte, danke ich für die Betreuung bei Durchführung dieser Arbeit.

Herrn Dipl.-Phys. H.Hotzel danke ich für die Erarbeitung der Computerprogramme.

Großer Dank geht an meine Großfamilie, die es mir ermöglicht hat, daß ich diese Arbeit durchführen konnte.

